

FAKTA

Jordbruk

Sammanfattar aktuell forskning • Nr 11 2001

Linda af Geijersstam

Baljväxter fixerar kväve sämre vid lågt pH

- Baljväxter kan fixera luftens kväve med hjälp av bakterier. Processen påverkas negativt av låga pH-värden i marken.
- Lågt pH stör kvävefixeringen främst genom att lösligheten hos ämnen i marken förändras och ger gift- eller bristverkan. Baljväxtbakterien påverkas oftast mer än växten.
- Redan vid pH 6 kan fixeringen försämrats. Skillnaderna mellan de vanligaste svenskodlade baljväxterna är relativt små.
- Det finns lösningar på problemet. Kalkning ger ett högre pH. Baljväxtbakterierna kan förädlas och bakterieympning i stor mängd kan kompensera för ett lågt pH. Man kan också välja en tolerant gröda såsom lupin.

Foto: Linda af Geijersstam



Ärter fixerar luftens kväve med hjälp av baljväxtbakterier. Både bakterien och växten kan påverkas negativt av lågt pH.

Baljväxter kan med hjälp av rotknölsbakterier ta upp kvävgas från luften och omvandla den till växttillgängligt ammoniumkväve. Kvävefixeringen är betydelsefull i ett jordbruk där man vill hushålla med eller undvika handelsgödsel. Att binda luftkväve är energikrävande, vare sig det sker i växter eller i handelsgödsel fabriker. För att producera ett kilo kväve i fabrik går det åt en liter olja. I växten utnyttjas solenergin via växtens fotosyntes. Det kväve som fixerats används i första hand av växten själv. Skörderester och rötter kan också ge ett kvävetillskott till efterföljande grödor.

Kvävefixering är ett känsligt biologiskt samspel, se faktaruta 1. Många faktorer i värdväxtens och bakteriens miljö kan störa symbiosen och därmed fixeringen. Markens pH-värde är en av dem. I svenska jordar rekommenderas kalkning till pH 6,0–6,7, beroende på jordart. I Sverige har 29

FAKTARUTA 1

Avancerat samspel

Baljväxter utvecklar rotknölar, så kallade noder, i samspel med bakterier. I de vanligaste svenskodlade baljväxterna är bakterierna av släktet *Rhizobium*. I rotknölar lever bakterierna och fixerar kväve, se fotot. För att detta ska ske krävs:

- rätt bakterier i tillräcklig mängd i marken,
- kontakt mellan växt och bakterie,
- infektion av bakterier i växtens rothår,
- rotknölsbildning (nodulering),
- en ostörd kvävefixering.

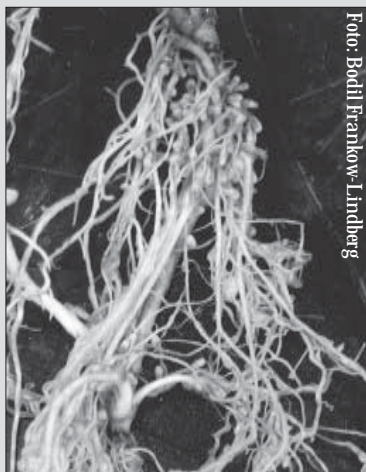


Foto: Bodil Frankow-Lindberg

Rotknölar på rötter av vitklöver.

procent av jordarna ett pH under 6,0 och 6 procent ett pH under 5,5.

Lågt pH verkar på olika sätt...

Negativa effekter av lågt pH kan bero på en direkt verkan av det som lågt pH innebär, nämligen en hög vätejonkoncentration. Denna kan leda till dålig bakterieöverlevnad, ineffektiva rotknölar eller att växten får svårt att ta upp växtnäringsämnen.

Symbiosen kan också störas indirekt av pH eftersom detta påverkar olika ämnens löslighet. Då kan det bli för mycket giftiga ämnen eller brist på nödvändiga ämnen.

Giftverkan av metaller

I figur 1 visas aluminiums löslighet vid olika pH. När det gäller aluminium, mangan och järn är den ökade lösligheten negativ för kvävefixeringen. Effekten är dock aktuell först under cirka pH 5,4.

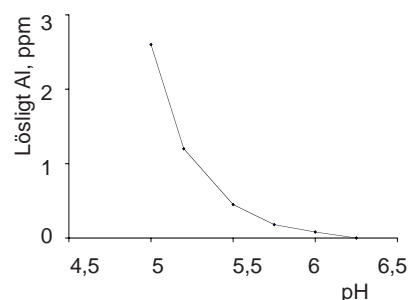
Aluminium anses av många forskare betyda mest för den negativa effekten vid lågt pH. Hämmad rotutveckling och små mörkgröna blad är symptom på aluminiumförgiftning. Ämnet hindrar knölbildningen främst genom att hålla tillbaka rottillväxt och rothårsbildning. Däremot påverkar det inte fixeringen när den väl är igång. Metallen är också en stressfaktor för bakterierna och kan vara orsaken till att bakterien inte överlever vid lågt pH. Aluminium kan göra växten mindre tolerant mot ett lågt pH.

Mangan kan också göra det svårare för bakterierna att överleva i marken. Höga manganhalter anses vara negativa främst för bakterien eller för någon fas i symbiosutvecklingen, och inte för växten i sig.

Växtnäringsbrist ger dålig fixering

En del växtnäringsämnen blir mer otillgängliga när pH sjunker, därav en negativ effekt. I samband med försämrad kvävefixering är brist på kalcium, fosfor och molybden vanligast. Även magnesium och svavel i för liten mängd kan vara orsak till störning.

Kalkning verkar positivt genom att pH höjs. Kalciumhalten i sig kan emellertid också ha effekt på fixeringen. Mängden växttillgängligt kal-



FIGUR 1. Löslighet av aluminium vid olika pH (efter Rice, 1982).

cium kan nämligen variera något mellan jordar med samma pH. Där halten är hög kan kvävefixeringen fungera vid ett lägre pH. Kalcium hjälper bakterien att växa vid lägre pH och stimulerar även dess tillväxt vid högre pH. Ämnet kan också underlätta infektionen av växtroten. Kalciumbrist kan störa själva fixeringen.

Fosforbrist gör att värdväxten växer sämre och därmed fixerar mindre kväve. Rotknölar kräver också mer fosfor än rötterna i övrigt. Fosfor antas göra den negativa effekten av giftiga ämnen mindre.

Molybden är viktigt, eftersom det ingår i ett enzym, som är centralt i fixeringsprocessen.

...och på olika ställen

Verkan kan ske på olika ställen i symbiosen; på växten eller på bakterien och i olika faser av symbiosutvecklingen.

Bakterien påverkas mer än växten

Många forskare anser att lågt pH påverkar bakteriens tillväxt allvarligare än växtens. Rhizobierna tillhör en grupp bakterier som generellt växer bäst vid pH 6,5–7,0. Deras tolerans för lågt pH avtar stegvis på det viset att de först tillväxer sämre, sedan endast överlever och till slut dör. Exakta pH-värden, som påverkar, varierar mellan olika arter och stammar av bakterier. Det kan alltså vara så att bakterien överlever vid ett lågt pH-värde, men kräver ett högre för uppförökning och fixering.

Mängden bakterier har betydelse för om symbios ska utvecklas. Bakterien måste föröka sig tillräckligt snabbt nära roten för att kunna infektera växten. Vid lågt pH kan bakteriernas

TABELL 1. pH för avtagande och upphörande fixering för de vanligaste svenskodlade baljväxterna. Värden från ett flertal källor:

Gröda	N-fixering avtar	N-fixering upphör
Blålusern (<i>Medicago sativa</i>)	6–6,2	4,5–5
Rödklöver (<i>Trifolium pratense</i>)	6	5
Ärt (<i>Pisum sativum</i>)	5,5–6,0	4–5
Åkerböna (<i>Vicia faba</i>)	5,4–6	uppgift saknas
Vitklöver (<i>Trifolium repens</i>)	5–6	4,5–5,2

Foto: Linda af Geijersstam



tillväxt vara för långsam. Lågt pH ger också bakterierna sämre förmåga att överleva i marken i perioder utan värdväxt. Balansen mellan bakteriestammar i marken kan förskjutas mot ineffektiva stammar, vilket kan göra att fixeringen inte lyckas. Bakterier i sura jordar kan nämligen förändras så att de tappar sin kvävefixerande förmåga. Ofta dominerar dessa stammar också över de effektiva, och är bättre på att kolonisera rötter.

I vissa fall kan fixeringen begränsas av att värdväxten växer sämre på grund av lågt pH. Då minskar fixeringen, eftersom den styrs av växtens behov. Växtens biomassa blir då mindre, utan att kvävehalten i den förändras. Om i stället fixeringen i sig försämras får växten tillgång till mindre kväve och växer sämre, samtidigt som kvävehalten sjunker. Kvävegödsling kan med andra ord ge större skörd bara i det senare fallet.

Symbiosen störs i olika faser

Olika faser i symbiosutvecklingen kan påverkas av lågt pH. Ibland är det viktigt att veta när i processen som symbiosen är som känsligast, för att kunna välja lämpliga åtgärder.

- **Infektionen** kan försenas, vilket kan vara orsaken till sämre fixering. Missformade rötter och rothår hos växten kan göra att infektionen misslyckas. Även igenkänningsmekanismerna mellan bakterie och växt kan störas av lågt pH. Bakterien påverkas mest tidigt i infektionen. När den väl är skyddad inne i rotknölen är den inte lika känslig för ett lågt pH i jorden.
- **Rotknölbildningen** är ofta det känsligaste steget i symbiosetableringen. Resultatet av lågt pH kan vara att knölbildningen försenas, eller att knölnarna blir färre eller uteblir.
- **Fixeringsprocessen** i sig är inte lika känslig för lågt pH som knölbild-

ningen är. När man noterar sämre fixering, utan att knölnarna verkar ha påverkats, är det troligt att försämringen ligger i själva fixeringsmekanismen. Det kan också synas på att knölnarna förlorar sin röda färg.

Grödors olika tolerans

Baljväxter anses allmänt kräva högre pH än gräs gör. Lägsta pH rekommenderas generellt vara 5,6–6,0, men det finns en viss variation mellan baljväxterna. Av grödor som odlas i Sverige anses lupin tåla lågt pH. Generella rekommendationer för pH-intervall säger:

- 6,2–7,0 till ärter och klöver,
- 6,5–8,0 till åkerböna och
- 6,5–7,5 till blålusern.

Dessa bygger på en samlad bedömning av odlingen. Försök som genomförts för att visa på ett mer exakt pH, då kvävefixeringen förändras, redovisas i tabell 1. Där ser man att först lägre pH-värden har betydelse. Intervallens spannvidd kan bero på att växtsorter, bakteriestammar eller andra markfaktorer än pH har varierat i de olika undersökningarna.

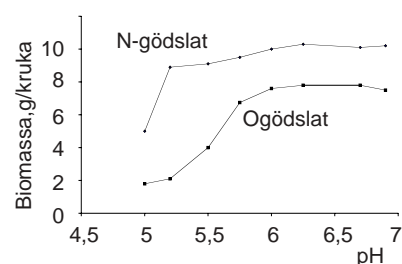
Mönstret för hur pH påverkar en gröda som inte kvävegödslas går igen hos de flesta av baljväxterna, se figur 2. Vid pH nära neutralt är skörden relativt konstant. Från en brytpunkt vid ett visst, lågt pH-värde sjunker produktionen, ofta linjärt. Fixeringen har börjat fungera dåligt. Vid ännu lägre pH finns en punkt då fixeringen inte fungerar alls och där man kan se att bakterietillväxten är obefintlig och värdväxtens biomassaproduktion mycket låg. Se faktaruta 2 för mer detaljer om de olika baljväxterna.

Åtgärder för bättre fixering

Det finns flera sätt att motverka dålig kvävefixering på grund av lågt pH.

Rödklöver bildar symbios med samma bakterie som flera andra klöverarter.

- **Kalkning** åtgärdar brist- och giftverkan och kan gynna effektiva och ympade bakterier. Effektiva stammar kan överleva i sur jord där pH lokalt är högre och återväxa då pH höjs. Det kan dock dröja månader eller år av odling innan effektiva bakterier konkurrerat ut ineffektiva. Kalkning har alltså en bred verkan och kan gynna både värdväxt och bakterie. Man kan behöva använda andra mått än bara pH för att bedöma kalkningsbehov. Annars finns risk att kalkningen inte ger väntad effekt. För vit- och röd-klöver anses det lämpligt att mäta tillgängligt aluminium och för röd-klöver även mangan.
- **Pelletering** med kalk kan ge god effekt. Närmast växtroten blir då pH-värdet så högt att knölbildning kan ske, och när sedan pH-värdet sjunker är symbiosen i fixeringsfasen, som inte är lika känslig. Pelletering kan också ge ett nödvändigt kalciumtillskott. Kalkpelletering har använts i stor utsträckning på Nya Zeeland.
- **Selektion.** Det finns många exempel på att man fått fram mer toleranta bakteriestammar genom urval. Det finns god potential eftersom variationen i tålighet hos stammar av samma *Rhizobium*-art är stor.



FIGUR 2. Blåluserns skörd påverkad av pH-värdet i kvävegödslad respektive ogödslad gröda (efter Rice 1982).

Baljväxterna, bakterierna och pH-värdet

Här nedan ges specifika uppgifter om hur de vanligaste svenskodlade baljväxterna och deras samverkande bakterier påverkas av pH. Se även tabell 1.

Ärt

Mellan pH 6 och 8 fungerar ärtens fixering tillsammans med bakterien *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* bäst. Biomassaproduktionen kan halveras från pH 6 till 4. Kvävegödslad ärt kan växa bra ner till pH 4, vilket tyder på att bakterien eller symbiosen begränsar fixeringen. Knölbildningen anses av vissa vara känsligast. Man kan dock få ökad knöltillväxt med bakterieympning, vilket tyder på att bakterieantalet också kan begränsa knölbildningen.

Åkerböna

Fixerande åkerböna växer bäst vid pH över 6. Åkerböna bildar symbios med samma bakterie som ärt. Plantans tillväxt kan begränsa fixeringen och då blir tillväxten alltså inte bättre om man kvävegödslar. Man har dock sett tecken på att även symbiosen kan begränsa, då gödslad

åkerböna växt bra ner till pH 5. Orsaken till negativ effekt av lågt pH kan vara vätejonerna i sig. Under pH 5 kan den också bero på mangan- och aluminiumgiftighet eller näringsbrist. Knölbildningen kan försenas och tillväxten av bakterien kan fördröjas.

Klöver

Röd-, vit- och alsikeklöver bildar symbios med samma bakterie (*R. leguminosarum* bv. *trifolii*). De reagerar därför likartat på lågt pH när det gäller bakterien, men i mekanismer som inte har att göra med bakterien finns det skillnader mellan arterna.

Fixerande rödklöver har maximal tillväxt och knölbildning mellan pH 6 och 8. Alsikeklöver är något tolerantere än rödklöver för lågt pH.

Vitklöver klarar kvävefixeringen vid relativt låga pH-värden. Olika studier visar på olika värden då vitklöver påverkas, kanske beroende på aluminiumhalten i marken. Vitklöver är nämligen känslig för denna metall. Skörden kan minska med 20–50 procent mellan pH 6 och 4. Påverkan kan ske både på plantans tillväxt och i symbiosen. När aluminiumhalten är låg sker knölbildning och bakterietillväxt ner till ett lägre pH

än då den är hög. Även kalcium kan justera kritiska pH-värden uppåt och nedåt. Bakterier som man isolerat från vitklöverodling tenderar att klara något lägre pH än de från andra klöverarter, och kan växa bra ner till pH 4,5.

Blålusern

Avkastningen hos blålusern kan gå ner till hälften från pH 6 till 5,5 och till en fjärdedel från pH 6 till 5. Bakterien (*R. meliloti*) är särskilt känslig och ofta är det denna som är orsak till hämmad fixering, inte plantans tillväxt. Kvävegödslad gröda kan växa bra ner till pH 4,5 eller ännu lägre. Det finns dock tillfällen då plantan i sig hämmar fixeringen, t.ex. då aluminium begränsar rottillväxten. Knölbildningen sägs vara det känsligaste steget, men det kan också vara bakteriens svaga livskraft vid lågt pH som hämmar knölbildningen.

Blålusern har ett större kalkbehov än många andra arter. Bakterien kan växa bättre om kalciumtillgången är god. Kalkningsresponsen kan också bero på att halterna av tillgängligt aluminium och mangan minskar.



Men det finns också problem med selektionen. Sambandet mellan stammens pH-tolerans och pH på insamlingsstället är inte alltid klart, och man riskerar att få en stam som inte kan konkurrera mot naturliga stammar. Tålighet på laboratorium betyder inte heller alltid tålighet i fält.

- Genom **ympning** tillför man bakterier som helt saknas, eller utökar ett litet ursprungligt antal. Vid lågt pH krävs ofta fler bakterier. Då kan ineffektiva stammar konkurreras ut. Dålig överlevnad hos bakterien kan motverkas genom att ympa

baljväxtgrödan oftare. Det kan finnas en valmöjlighet mellan kalkning och ympning i stor mängd, men ibland kan båda krävas för att få resultat.

Ämnesord

Kvävefixering, pH, baljväxter, ärter, åkerböna, rödklöver, vitklöver, blålusern, kalkning, ympning

Läs mer

af Geijersstam, L. 2001. Kvävefixering hos baljväxter i svenska jordar vid lågt pH-värde. *Rapport 3*. SLU, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära. Uppsala.

Författare

Agronom **Linda af Geijersstam** är doktorand vid institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Box 7043, 750 07 Uppsala, telefon: 018-67 22 98, fax: 018-67 29 09.

Linda.af.Geijersstam@evp.slu.se

Litteraturstudien har finansierats av Birka Energi och Svenska Lantmännen.



Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Britta Fagerberg, SLU, JLT-fakulteten, Box 7070, 750 07 Uppsala
Nora Adelsköld, SLU Informationsavdelningen, Box 7077, 750 07 Uppsala
Telefon: 018-67 17 07 • Telefax: 018-67 35 20
E-post: Nora.Adelskold@info.slu.se

Internet:
Prenumeration och lösnummer:

www.slu.se/forskning/fakta/
SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 Uppsala
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se

Prenumerationspris:
Tryck:

372 kronor + moms
SLU Repro, Uppsala, 2001
ISSN 1403-1744 © SLU

